

Aus dem Institut für Sport und Sportwissenschaften  
Abteilung Sportmedizin  
(Direktor Prof. Dr. med. Burkhard Weisser)  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

KARDIOVASKULÄRE BEANSPRUCHUNG VON ÄLTEREN  
BEIM FAHRTENSEGELN IN RELATION ZU IHRER  
ANAEROBEN SCHWELLE

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von  
INGEBORG SAUER  
aus Bremen

Kiel 2009

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Burkhard Weisser

2. Berichterstatter: PD Dr. med. Andreas Koch

Tag der mündlichen Prüfung: 14.04.2010

zum Druck genehmigt, Kiel, den

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	1
1.1. Der ältere Mensch	1
1.2. Segelsport und Ältere	2
1.3. Definition Belastung und Belastbarkeit	5
1.4. Effekte des Segelns auf die Gesundheitsprognose	6
1.5. Fragestellungen	8
<b>2. Methoden</b>	9
2.1. Probanden	9
2.2. Anamnese	9
2.3. Untersuchungen zur körperlichen Leistungsfähigkeit der Probanden	10
2.3.1. Voruntersuchung	10
2.3.2. Fahrradergometrie	11
2.3.3. Laktatleistungskurve	11
2.3.4. Physical Working Capacity an der anaeroben Schwelle	12
2.3.5. Abschlussgespräch	12
2.4. Untersuchung der körperlichen Belastungen auf dem Boot	13
2.4.1. Testprogramm	13
2.4.2. Herzfrequenzmessungen an Bord	16
2.4.3. Blutdruckmessungen an Bord	16
2.5. Statistik	17
<b>3. Ergebnisse</b>	18
3.1. Ruheblutdruck	18
3.2. Blutdruck bei 100 Watt Belastung auf dem Fahrradergometer	18
3.3. Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle	18
3.4. Physical Working Capacity an der anaeroben Schwelle	19
3.5. Herzfrequenzen bei den Messungen an Bord	19
3.5.1. Herzfrequenzen bei den einzelnen Manövern an Bord	19

3.5.2. Herzfrequenzen bei den einzelnen Manövern in Relation zur anaeroben Schwelle .....	22
3.5.3. Mittlere Herzfrequenzen während des Testprogramms an Bord.....	24
3.6. Blutdruck bei den einzelnen Manövern an Bord .....	24
3.7. Sportliche Aktivität pro Woche .....	26
3.8. Korrelationen zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr (SM/Jahr) und der PWC an der anaeroben Schwelle bzw. der sportlichen Aktivität pro Woche (Sport/Woche) und der PWC an der anaeroben Schwelle .....	26
3.8.1. Korrelation zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr und der PWC an der anaeroben Schwelle.....	26
3.8.2. Korrelation zwischen der sportlichen Aktivität pro Woche und der PWC an der anaeroben Schwelle.....	27
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>29</b>
4.1. Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle.....	29
4.2. Ausdauerleistungsfähigkeit der Probanden .....	31
4.3. Belastungen des Herzkreislaufsystems an Bord .....	34
4.3.1. Systolischer Blutdruck bei den Manövern an Bord.....	34
4.3.2. Herzfrequenzen bei den Manövern an Bord .....	36
4.4. Kritik an der Methode .....	40
4.5. Fazit.....	41
4.6. Ausblick .....	42
<b>5. Zusammenfassung.....</b>	<b>43</b>
<b>6. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>45</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>52</b>
<b>Lebenslauf .....</b>	<b>53</b>

## **1. Einleitung**

### **1.1. Der ältere Mensch**

Nach Hochrechnungen des Statistischen Bundesamtes werden im Jahre 2010 26% der deutschen Bevölkerung über 60 Jahre alt sein.

Menschen in der heutigen Zeit altern anders als noch vor einigen Jahrzehnten. Viele ältere Menschen gestalten ihren Ruhestand aktiv und sehen diesen Lebensabschnitt als eine Zeit an, in der sie sich mehr als früher ihren Hobbies widmen können. Das Fremd- und Selbstbild des älteren Menschen haben sich in den letzten Jahren deutlich in Richtung einer aktiveren und selbstbestimmteren Lebenshaltung geändert.

Hier spielen zunehmend auch sportliche Aktivitäten des älteren Menschen eine Rolle. Dem älteren Menschen stehen heute nicht nur umfangreichere und differenziertere Sportangebote zur Verfügung, sondern es stehen heute immer mehr schon im Jugend- und frühen Erwachsenenalter sportlich aktive und damit sportgewohnte Menschen vor dem Eintritt ins Rentenalter (Conzelmann 1997), die dann auch in fortgeschrittenem Alter ihre Freizeitgewohnheiten beibehalten wollen. Auch das Wissen um den gesundheitlichen Nutzen von Sport und Bewegung ist immer weiter verbreitet.

Dennoch sind in der Altersgruppe der 61-70jährigen nur ca. 16% der Männer regelmäßig jede Woche sportlich aktiv. Für Frauen liegt der Anteil mit 24% etwas höher. Dabei ist auffallend, dass ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen Bildungsniveau und Umfang der sportlichen Aktivität besteht. Je höher der erreichte Schulabschluss war, desto mehr sportliche Aktivität war zu verzeichnen (Pache 2003).

Aber auch das Bild, das die Gesellschaft von „dem alten Menschen“ hat, hat sich in den letzten Jahrzehnten deutlich gewandelt. In der ersten Hälfte des

vergangenen Jahrhunderts entwickelte man in den USA ein gerontologisches Modell des Alterns, das vorwiegend von einem fortschreitenden körperlichen, geistigen und emotionalen Funktionsverlust gekennzeichnet war (Denk 2003). Hier hat man sich vornehmlich an den objektiven Funktionsverlusten des alternden Menschen orientiert, die das subjektive Erleben des einzelnen Individuums unberücksichtigt lässt. Heute herrscht eine differenziertere Sicht auf den Prozess des Alterns vor, die mehr mit dem Begriff des „erfolgreichen Alterns“ umschrieben werden kann. Anstelle normativer Zielsetzungen oder eines Idealzustandes, der sich an der Leistungsfähigkeit des jungen Menschen misst, tritt hier als Prüfgröße der Lebensqualität das „wahrnehmende Selbst“. Hier geht es mehr um die Verminderung bzw. Verlangsamung der Verlustbilanz des Älteren, die ihm erlaubt sein Selbst weiter wirksam zu behaupten und zu entfalten (Denk 2003). Der alte Mensch passt sich der veränderten Situation im Alter an, indem er sich auf die Bereiche des Lebens konzentriert, die für ihn individuell hohe Priorität haben. Auf diese bündelt er die vorhandenen Ressourcen und gibt die Ziele und Freizeitaktivitäten, die unwichtig geworden sind oder die nicht mehr erreichbar scheinen, auf.

## **1.2. Segelsport und Ältere**

In der Altersgruppe der über 60jährigen sind etwa 400 000 Personen aktive oder ehemals aktive Segler. In der Altersgruppe der 60-74jährigen segeln etwa 2,4% der Männer (Janßen 2008).

Im Segelsport fällt auf, dass gerade im Altersbereich zwischen 65 und 70 Jahren viele Segler ihre Boote aufgeben und den aktiven Segelsport verlassen, obwohl doch gerade jetzt mehr Zeit vorhanden wäre, um diesen Sport zu betreiben.

Viele ältere Segler geben als Grund hierfür an, dass sie sich subjektiv den Belastungen an Bord nicht mehr wie in früheren Jahren gewachsen fühlen.

Die meisten begründen das Aufgeben des Segelns nicht mit akuten gesundheitlichen Einschränkungen, sondern mit den allgemein typischen Belastungen auf dem Boot, die ihnen subjektiv zu anstrengend werden (Mell et al. 2009).

Insofern wäre es wichtig zu wissen, wie hoch die körperlichen Anforderungen und Belastungen auf einem Segelboot tatsächlich sind. So könnte man einschätzen, ob auf dem Boot auch objektiv eine Überforderung des älteren Seglers besteht. Daraus könnten dann Konsequenzen abgeleitet werden, die dem Segler dann vielleicht ein Beibehalten des Segelsports ermöglichen. Hier kommen vor allem Trainingsempfehlungen zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit in Betracht. Genauso kann aber auch eine Anpassung der baulichen Gegebenheiten auf dem Boot eine Erleichterung darstellen, so dass der ältere Segler sich nicht mehr überfordert fühlt.

Aus gesundheitlicher Sicht ist allerdings der Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit eindeutig der Vorrang zu gewähren.

Die konditionellen Fähigkeiten des Menschen lassen im Altersgang generell nach, wobei altersbedingte biologische Einflüsse zu einer Abnahme der konditionellen Fähigkeiten nach dem Höchstleistungsalter in der 3. Lebensdekade führen. Wenn man als Maß für ein erfolgreiches Altern seine Aufmerksamkeit besonders auf die Verlustbilanz der konditionellen Fähigkeiten legt (s.o.), dann ist wichtig zu betonen, dass im Gegensatz zu früheren Annahmen, aber alle konditionellen Fähigkeiten auch im Alter prinzipiell trainierbar sind. Dabei weist nach Conzelmann (1997) die Schnellkraft eine etwas niedrigere Plastizität auf als Ausdauer und Kraft. Es gibt sogar Hinweise darauf, dass der Inaktivität im Alter mehr Bedeutung als den biologischen Altersprozessen beigemessen werden muss (Okonek 2003). In einer Metaanalyse zeigten Wilson und Tanaka 2000, dass Trainierte in jedem Alter eine höhere Ausdauerleistungsfähigkeit aufweisen als Untrainierte.

Welchen Belastungen der ältere Segler auf dem Boot ausgesetzt ist, in welcher Relation diese Belastungen zu seiner Belastbarkeit stehen und ob diese vielleicht sogar gesundheitliche Risiken wie zu hohe Herzfrequenz- und Blutdruckerhöhungen bergen, ist bisher nicht bekannt.

Pudenz et al. (1981) belegten Herzfrequenzen bis 190 Schläge/min bei Regattaseglern. Hierbei handelte es sich aber um Messungen bei jungen Laserseglern der Spitzenklasse (Altersdurchschnitt 21 Jahre), die Segeln als Leistungssport betreiben. Dierck und Riekert (1980) untersuchten jugendliche Optimistensegler und kamen zu dem Schluss, dass diese beim Segeln kardial eher unterfordert seien und deshalb zusätzlich einen Ausdauerleistungssport betreiben sollten.

Neuere Untersuchungen zum Segelsport liegen für America`s Cup Segler (Bernardi et al. 2007) und junge Elite-Lasersegler (Cunningham und Hale 2007) vor. Vor allem den America`s Cup Seglern wird hier eine gute anaerobe Kapazität bescheinigt. Allerdings handelt es sich auch hier um junge Segler aus dem Leistungssport.

Ältere Hobbysegler segeln auf völlig anderen Booten (meist Segelyachten von bis zu ca. 10 m Länge) und führen dort auch ganz andere Bewegungsabläufe durch.

Insofern ist weiterhin nicht bekannt, welche körperlichen Belastungen ältere Segler auf größeren Segelyachten tolerieren müssen und was diese Belastungen für den Einzelnen bedeuten. Es sollte nämlich beim älteren Segler nicht nur die absolute Höhe einer körperlichen Belastung betrachtet werden, sondern es kommt ganz entscheidend darauf an, wie hoch diese Belastung in Relation zu seiner Belastbarkeit ist.



### 1.3. Definition Belastung und Belastbarkeit

Wie hoch eine körperliche Belastung ist und wie sehr dabei das Herzkreislaufsystem beansprucht wird, kann während körperlicher Aktivität sehr gut über die Herzfrequenz erfasst werden.

Allerdings sagt die absolute Herzfrequenz bei körperlicher Belastung beim einzelnen Menschen wenig aus, weil sie immer in Relation zu der Frequenz gesehen werden muss, die der Einzelne maximal erreichen kann.

Die maximal erreichbare Herzfrequenz sinkt mit zunehmendem Lebensalter. Als allgemeine Richtgröße wird in der Literatur hier oft für Laufbelastungen die Formel: Maximale Herzfrequenz =  $220 - \text{Lebensalter}$  angegeben (Meyer und Kindermann 1999). Dies kann aber nur als eine grobe Näherung angesehen werden, da die maximal erreichbare Herzfrequenz großen interindividuellen Schwankungen unterliegt.

Um die maximale Herzfrequenz des Einzelnen zu bestimmen, müsste man den Probanden einem Ausbelastungstest unterziehen, der mitunter erhebliche Risiken birgt. Außerdem ist eine Maximalbelastung immer auch abhängig von der Motivation des Probanden und unterliegt somit großen Ungenauigkeiten.

In dieser Arbeit wurde deshalb zur Beurteilung der Belastbarkeit des einzelnen Probanden die Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle bestimmt. Das ist die Frequenz, bei der der Mensch seine höchstmögliche Belastungsintensität erreicht, die er über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten kann, da er sie noch ohne zunehmende Laktatanhäufung („Übersäuerung“) erbringen kann.

Unterhalb dieser Herzfrequenz läuft die Energiebereitstellung zwar nicht gänzlich unter Verstoffwechselung von Sauerstoff ab, sondern auch anaerob unter der Bildung von Laktat. Dies geschieht aber nur in so geringem Maß, dass es zu keiner Laktatanhäufung im Blut kommt, da anfallendes Laktat ausreichend schnell eliminiert werden kann.

Die anaerobe Schwelle liegt bei der höchsten Herzfrequenz, bei der noch ein Gleichgewicht (steady state) zwischen Laktatbildung und Laktatelimination herrscht.

Bei höheren Herzfrequenzen wird der Ausdauerleistungsbereich verlassen, da hier zunehmend Laktat anfällt, das nicht mehr in ausreichendem Maß eliminiert werden kann, sodass es zu einer “Übersäuerung“ kommt und die Belastung nach kurzer Zeit abgebrochen werden muss.

Die anaerobe Schwelle ist ein zuverlässiger Parameter für die Ausdauerleistungsfähigkeit und ist im Gegensatz zur maximalen Herzfrequenz unabhängig von der Motivation bzw. Ausbelastung (Kindermann 2004). Nach Meyer und Kindermann (1999) korreliert die anaerobe Schwelle bei Sportlern außerdem besser mit Wettkampfleistungen als die maximale Sauerstoffaufnahme bei Ausbelastung.

Zur Bestimmung dieser Schwelle gibt es unterschiedliche Konzepte.

Die Bestimmung der anaeroben Schwelle nach Mader et al. (1976) geht davon aus, dass die Schwelle im Mittel bei einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l erreicht wird. Dieses Modell wurde in dieser Untersuchung gewählt.

#### **1.4. Effekte des Segelns auf die Gesundheitsprognose**

Die sportlichen Aktivitäten auf einem Segelboot während eines Törns könnten, wenn entsprechende Belastungsintensitäten und Herzfrequenzerhöhungen erreicht würden, im für den Älteren optimalen trainings- und gesundheitsrelevanten Bereich liegen und somit auch eine präventive Wirkung z.B. für Herz-Kreislaufkrankungen haben.

Die präventive Wirkung von Sport und Bewegung bezüglich Herz-Kreislaufkrankungen ist für viele Sportarten belegt (Hakim et al. 1998). In zahlreichen Interventionsstudien konnte gezeigt werden, dass durch Sport und

allgemeine körperliche Aktivität ein Großteil der beeinflussbaren kardiovaskulären Risikofaktoren wie Hypertonie (Chase et al. 2009), Diabetes mellitus, Adipositas und Lipidstoffwechselstörungen (Weintraub et al. 1989) positiv beeinflusst werden (Shepard und Balady 1999). Den besten metabolischen Effekt (maximale absolute Lipolyse) scheint dabei ein Training bei einer Intensität von ca. 50-60% der maximalen Sauerstoffaufnahme zu haben (Venables et al. 2005, Achten und Jeukendrup 2003). Dies entspricht dem Bereich knapp unter der anaeroben Schwelle.

Aber nicht nur Herzkreislauferkrankungen werden durch Sport und Bewegung und die daraus resultierende erhöhte Fitness positiv beeinflusst. Inzwischen ist der positive Effekt auf die Gesundheitsprognose auch für viele andere Erkrankungen belegt, so dass eine gesicherte (evidenzbasierte) Indikation zur medizinischen Trainingstherapie für viele internistische, orthopädische und sogar psychiatrische Erkrankungen besteht (Weisser et al. 2009).

Deshalb ist auch besonders relevant, in welchem Bereich sich die mittlere Herzfrequenz während des Segelns bewegt und in welcher Relation sie zur anaeroben Schwelle steht, um abschätzen zu können, welchen gesundheitlichen Nutzen man vom Segelsport erwarten könnte.

Unabhängig vom Training ist aber auch die körperliche Fitness einer der stärksten Indikatoren für eine niedrige Mortalität. In einer Untersuchung mit 9777 Männern zeigten Blair et al. 1995, dass diejenigen, die zuvor eine schlechte Ausdauerleistungsfähigkeit aufwiesen und nach 5 Jahren eine gute Fitness vorweisen konnten, ihr Mortalitätsrisiko um 44% gesenkt hatten gegenüber denen, die bei einer schlechten Fitness blieben. Eine Senkung des Mortalitätsrisikos war dabei auch unabhängig von Alter, Gesundheitsstatus und anderen Risikofaktoren festzustellen.

Insofern stellt sich die Frage, ob ältere Segler auch einen höheren Fitnessgrad haben als ihre Altersgenossen und wenn dies der Fall sein sollte, ob der Grund

dafür im Segelsport zu suchen ist oder ob nicht vielleicht andere sportliche Aktivitäten zu einer höheren Fitness geführt haben.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich die folgenden Fragestellungen für die vorliegende Arbeit:

### **1.5. Fragestellungen**

1. Welchen Spitzenbelastungen des Herzkreislaufsystems ist der ältere Segler auf dem Boot ausgesetzt und in welchem Verhältnis stehen diese Belastungen zu seiner anaeroben Schwelle?
2. Wie hoch ist die mittlere Beanspruchung des Herzkreislaufsystems und könnte dies einen gesundheitlichen Nutzen für den älteren Segler bedeuten?
3. Welche Ausdauerleistungsfähigkeit haben ältere Segler im Vergleich zu ihren Altersgenossen?
4. Ist eine eventuelle höhere Ausdauerleistungsfähigkeit der älteren Segler auf den ausgeübten Segelsport zurückzuführen oder treiben Segler auch allgemein mehr Sport, so dass ihre Fitness deshalb höher ist als die ihrer Altersgenossen?

## **2. Methoden**

### **2.1. Probanden**

Alle Probanden waren erfahrene Fahrtensegler, 33 Männer und 6 Frauen, im Alter von 52 bis 79 Jahren, Mittelwert (MW) 64,4 Jahre, Standardabweichung (SD) 7,4 Jahre. Die Rekrutierung erfolgte über Seglerzeitschriften, die örtliche Presse und persönliches Vorstellen des Projektes auf Vortragsveranstaltungen. Nicht alle Probanden nahmen an allen Untersuchungen teil und nicht für jede Untersuchung konnten von den einzelnen Probanden alle Werte gewonnen werden. Dies lag zum Teil an technischen Schwierigkeiten, zum Teil aber auch daran, dass einige Probanden wohl an den Messungen im Labor teilnehmen wollten, aber nicht an denen auf dem Boot (oder umgekehrt).

Für die Auswertungen bei denen zwei Variable zu berücksichtigen waren wurden jeweils nur die Probanden in die Berechnung einbezogen, für die auch beide Werte vorlagen.

### **2.2. Anamnese**

Bei allen Probanden wurde vor der körperlichen Untersuchung eine ausführliche Anamnese bezüglich der Krankheitsvorgeschichte erhoben. Da ein alters entsprechend gesundes Probandenkollektiv untersucht werden sollte, galten als Ausschlusskriterien alle schwerwiegenden Erkrankungen, die die Belastungsfähigkeit herabsetzen, wie z. B. koronare Herzkrankheit, Herzmuskelschwäche, konsumierende Erkrankungen, Diabetes oder ein durchgemachter Schlaganfall. Außerdem wurden alle Probanden ausgeschlossen, die Medikamente einnehmen mussten, die die Herzfrequenz beeinflussen, wie z.B. Betablocker oder Sympathikomimetika.

Alle Erkrankungen und Umstände, die als Kontraindikation für ein Belastungs-EKG gelten, führten ebenfalls zum Ausschluss der Probanden.

Es erfolgte eine ausführliche Aufklärung über den Sinn und die Risiken der Untersuchung und eine Erklärung zum Nutzen, den die Probanden aus den Ergebnissen ziehen können.

Um die Segelerfahrung einschätzen zu können, sollten die Probanden angeben, wie viele Seemeilen sie durchschnittlich in den letzten Jahren pro Jahr gesegelt waren.

Der Grad der sonstigen körperlichen Aktivität (außer Segeln) wurde in Stunden pro Woche erfragt.

### **2.3. Untersuchungen zur körperlichen Leistungsfähigkeit der Probanden**

Alle Untersuchungen zur körperlichen Leistungsfähigkeit wurden im Institut für Sport und Sportwissenschaften der CAU zu Kiel in der Abteilung Sportmedizin durchgeführt.

#### **2.3.1. Voruntersuchung**

Nach einer körperlichen Untersuchung mit Auskultation des Herzens und der Lunge sowie der Inspektion von Rachen und Ohren, um aktuelle Infekte in diesem Bereich auszuschließen, wurde der Ruheblutdruck gemessen und ein 12-Kanal-Ruhe-EKG abgeleitet. Bei Unauffälligkeit aller Befunde wurde die Untersuchung fortgesetzt, ansonsten wurden die Probanden zunächst zur weiteren Diagnostik an einen Facharzt verwiesen.

### **2.3.2. Fahrradergometrie**

Es wurde eine Fahrradergometrie nach WHO-Schema durchgeführt. Dabei wurde gleichzeitig eine Laktatleistungskurve ermittelt.

Bei der Fahrradergometrie fuhr der Proband auf einem Fahrradergometer (Siemens EM 804) beginnend auf einer individuell ermittelten Belastungsstufe (Anfangsbelastung ca. 0,5 Watt/kg Körpergewicht). Die Leistung wurde dann alle 2 Minuten um 25 Watt erhöht bis der Proband sicher seine anaerobe Schwelle (Laktatwert 4 mmol/l) erreicht hatte oder Muskelermüdung bzw. andere medizinische Parameter, wie z.B. inadäquate Blutdruckerhöhung, zum Abbruch aus medizinischer Indikation zwangen. Dabei sollte die jeweils letzte Belastungsstufe der Untersuchung noch beendet werden.

### **2.3.3. Laktatleistungskurve**

Während der Fahrradergometrie wurde auf jeder Belastungsstufe der Blutdruck gemessen und in einer kurzen Pause zwischen den einzelnen Belastungsstufen eine Blutprobe aus dem Ohrläppchen gewonnen (Kapillarblut), um den Blut-Laktatwert zu bestimmen (photometrische Bestimmung mittels enzymatischem Farbtest nach Lange).

Gleichzeitig wurde nach jeder Belastungsminute die Herzfrequenz protokolliert. Aus den Blut-Laktatwerten, aufgetragen gegen die jeweilige Leistungsstufe (in Watt), ergab sich dann eine Laktatleistungskurve, aus der die Leistung errechnet wurde, bei der der Proband seine anaerobe Schwelle (Laktatwert 4 mmol/l) erreichte.

Dieser Leistung konnte dann eine Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle zugeordnet werden. Dazu wurde eine Kurve erstellt, bei der die Leistung gegen

die auf dieser Stufe in der zweiten Minute erreichte Herzfrequenz aufgetragen wurde.

#### **2.3.4. Physical Working Capacity an der anaeroben Schwelle**

Unter der Physical Working Capacity (PWC) versteht man die mechanisch erbrachte Leistung (in Watt) eines Menschen bezogen auf sein Gewicht bei einer definierten Herzfrequenz (Einheit Watt/kg).

Üblicherweise wird die PWC für die Herzfrequenz 170 Schläge/Minute angegeben (so genannte PWC170), wobei man bei jungen Menschen (bis 30 Jahre) bei dieser Herzfrequenz ungefähr die anaerobe Schwelle vermutet.

Die PWC170 dient also als Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit, indem sie die erbrachte Leistung an der (vermuteten) anaeroben Schwelle in Relation zum Körpergewicht setzt.

Da die Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle aber großen interindividuellen Schwankungen unterliegt und die im Durchschnitt maximal erreichbare Frequenz mit dem Alter sinkt, ist die PWC170 für den älteren Menschen kein geeignetes Instrument zur Einschätzung der Ausdauerleistungsfähigkeit.

Für diese Untersuchung wurde deshalb nicht die PWC bei einer definierten Herzfrequenz berechnet, sondern die PWC bei der Herzfrequenz, die bei dem Einzelnen der anaeroben Schwelle entsprach.

#### **2.3.5. Abschlussgespräch**

Nach der Fahrradergometrie mit Erstellung der individuellen Laktatleistungskurve und Errechnen der PWC an der anaeroben Schwelle wurde mit jedem Probanden ein ausführliches Gespräch über die bei ihm erhobenen



Werte geführt und, wenn gewünscht, auf deren Grundlage Trainingsempfehlungen gegeben.

## **2.4. Untersuchung der körperlichen Belastungen auf dem Boot**

Die Messungen wurden durchgeführt an Bord der Segelyacht „Fit and Sail“ (Typ Hanse 341, Länge 10,35 m, Rollreff-Selbstwendfock 21 m<sup>2</sup>, durchgelattetes Großsegel 33,5 m<sup>2</sup>, mit Lazyjack Bergesystem).

Die Daten wurden während eines ca. 3-stündigen Törns auf der Kieler Förde erhoben.

In dieser Zeit absolvierten die Probanden ein standardisiertes Testprogramm, bei dem vom Probanden typische Manöver und Aktivitäten an Bord durchgeführt werden mussten.

Die Crew an Bord bestand während des Törns aus ein bis zwei Probanden, die nacheinander das Testprogramm absolvierten, und in der Regel aus drei weiteren Personen, nämlich einem Segellehrer des Instituts für Sport und Sportwissenschaften der CAU zu Kiel als navigatorische Aufsicht, der Projektleiterin und einer Hilfskraft zum Protokollieren des Testablaufs.

### **2.4.1. Testprogramm**

Begrüßung:

Bei der Begrüßung des Probanden an Bord wurde diesem eine kurze Einweisung zu den Besonderheiten des Bootes gegeben. Anschließend wurde der Proband mit einem automatischen Blutdruckmessgerät und einer Pulsuhr ausgestattet.

Vor dem Ablegemanöver wurde dem Probanden der Ablauf der Untersuchung mitgeteilt und er wurde zum Schiffsführer ernannt, so dass die übrigen Besatzungsmitglieder nur auf sein Kommando agierten.

#### Ablegemanöver:

Der Proband war Steuermann und setzte die Crew seinen Wünschen entsprechend zur Unterstützung des reibungslosen Ablegemanövers ein.

Der Zeitpunkt und die Dauer des Ablegemanövers wurde protokolliert.

#### Großsegel Setzen:

Beim Großsegel Setzen wurden zwei Belastungssituationen untersucht:

Bei dem ersten Test stand der Proband an der Winsch und ein Crewmitglied stand zur Unterstützung am Mast bereit, um das Großsegel zu setzten.

Bei dem zweiten Test musste der Proband ohne Hilfe das Großsegel über die Winsch setzen.

Die Zeitpunkte der einzelnen Belastungssituationen wurden protokolliert.

#### Fock Setzen:

Der Proband stand am Fockfall und setzte die Fock ohne Hilfe der übrigen Crew.

#### Wende:

Bei den gefahrenen Wenden wurden 2 Szenarien untersucht:

Im ersten Testszenario stand der Proband am Steuerrad und gab die Befehle an die Crew zur Vorbereitung und Durchführung der Wende.

Im zweiten Testszenario half der Proband an der Großschot.

Die Zeitpunkte der gefahrenen Wenden und die jeweilige Aufgabe des Probanden wurden protokolliert.

### Halse:

Bei den gefahrenen Halsen wurden 2 Szenarien untersucht:

Im ersten Testszenario stand der Proband am Steuerrad und gab die Befehle an die Crew zur Vorbereitung und Durchführung der Halse.

Im zweiten Testszenario stand der Proband an der Großschot und führte das Großsegel bei der Halse.

Die Zeitpunkte der gefahrenen Halsen und die jeweilige Aufgabe des Probanden wurden protokolliert.

### Mann-über-Bord-Manöver:

Das Mann-über-Bord-Manöver wurde mit Hilfe eines Fenders durchgeführt. Dem Probanden stand es frei eine Q-Wende zu fahren oder ein anderes Manöver durchzuführen, um den über Bord geworfenen Fender wieder einzuholen. Der Proband gab die Befehle an seine Crew. Ein Crewmitglied behielt den Fender im Blick und gab Richtungsangaben, ein weiteres Mitglied hielt sich mit dem Bootshaken bereit. Der Proband gab an, an welcher Bootsseite der Fender eingeholt werden sollte. Der Versuch wurde durchgeführt bis der Fender geborgen war.

Dabei wurde die Zeitdauer bis zur Bergung des Fenders protokolliert.

### Großsegel Einholen:

Der Proband koordinierte das Manöver. Das Großsegel wurde mit Hilfe der Crew eingeholt und der Zeitpunkt protokolliert.

### Anlegemanöver:

Der Proband stand am Steuerrad und verteilte die Aufgaben an die Crew.

Der Zeitpunkt des Anlegemanövers wurde protokolliert.

### **2.4.2. Herzfrequenzmessungen an Bord**

Die Herzfrequenzmessungen wurden mittels einer Pulsuhr (Polar RS 400) durchgeführt. Diese besteht aus einem Brustgurt, der dem Probanden vor dem Start des Testprogramms umgelegt wurde, und einer Uhr, die am Handgelenk getragen wurde. Diese zeichnete alle 10 Sekunden die aktuelle Frequenz auf. Der Herzfrequenzverlauf konnte dann nach Beenden des Testprogramms am Computer ausgelesen und ausgewertet werden.

Mit Hilfe der Herzfrequenzkurve konnte dann durch Abgleich mit dem auf dem Boot erstellten Protokoll jedem Segelmanöver eine bestimmte Herzfrequenz zugeordnet werden.

### **2.4.3. Blutdruckmessungen an Bord**

Die Blutdruckmessungen wurden mittels eines Langzeitblutdruckmessgerätes (boso TM 2430) durchgeführt.

Dieses besteht aus einer Blutdruckmanschette, die der Proband vor dem Start des Testprogramms um den linken Oberarm gelegt bekam, und einer daran angeschlossenen kleinen Messeinheit, die der Proband in die Jackentasche stecken konnte.

Das Messgerät wurde vorher auf zehnminütige Messintervalle programmiert. D.h. alle zehn Minuten wurde die Manschette automatisch aufgepumpt und der Blutdruck gemessen. Um verlässlichere Ergebnisse zu erhalten, wurde der Proband dabei angehalten während der Messung kurz innezuhalten und den Arm ruhig zu halten.

Durch Abgleich mit dem auf dem Boot erstellten Protokoll des Testablaufs konnte dann den einzelnen Segelmanövern ein Blutdruckwert zugeordnet werden.

## 2.5. Statistik

Die Mittelwerte, Standardabweichungen und Prozentwerte wurden mit Hilfe des Statistikprogramms Statistical Package for the Social Science (SPSS), Version 17.0 berechnet.

Um Hinweise darauf zu erhalten, ob eine eventuelle höhere Leistungsfähigkeit älterer Segler gegenüber ihren Altersgenossen am Segelsport liegen könnte, wurde die Korrelation (nach Pearson) zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr und der PWC an der anaeroben Schwelle als Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit betrachtet.

Eine andere mögliche Erklärung für eine höhere Fitness wäre ein hoher Umfang an anderen sportlichen Aktivitäten. Um zu zeigen, ob es hier Hinweise auf einen Zusammenhang gibt, wurde die Korrelation (nach Pearson) für die beiden Größen sportliche Aktivität pro Woche (außer Segeln) und der PWC an der anaeroben Schwelle berechnet.

Die Korrelation nach Pearson ist an bestimmte Voraussetzungen geknüpft. So muss unter anderem die Grundgesamtheit der beiden Variablen annähernd normalverteilt sein. Vor der Berechnung der Korrelationen wurden deshalb alle Variablen mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstestes auf ihre Normalverteilung geprüft.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Ruheblutdruck**

Der Ruheblutdruck wurde bei 35 älteren Seglern gemessen. Die Werte lagen im Durchschnitt systolisch bei 141,1 mmHg (SD 17,4 mmHg) und diastolisch bei 80,9 mmHg (SD 10,1 mmHg). Hier gab es zum Teil sehr hohe Werte von z.B. 180/80 mmHg oder in einem anderen Fall von 170/105 mmHg.

#### **3.2. Blutdruck bei 100 Watt Belastung auf dem Fahrradergometer**

Der Blutdruck bei 100 Watt Belastung betrug im Durchschnitt systolisch 170,7 mmHg (SD 26,4 mmHg), diastolisch 82,5 mmHg (SD 10,9 mmHg).

Die Spanne reichte hier von systolisch 130 mmHg bei 100 Watt Belastung bis zu 220 mmHg systolisch als höchstem Wert bei 100 Watt.

Es lagen Werte für 28 Probanden vor.

#### **3.3. Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle**

Die mittlere Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle betrug 131,00 Schläge/Minute (SD 15,05 Schläge/Minute).

Hier waren auch bei annähernd gleichem Alter der Probanden deutliche Unterschiede zwischen den Frequenzen an der anaeroben Schwelle zu sehen. Ein 59jähriger Proband hatte seine anaerobe Schwelle bei einer Herzfrequenz von 106 Schlägen/Minute, während ein anderer 59jähriger diese erst bei 156 Schlägen/Minute erreichte. Ein 69jähriger brauchte nur eine Frequenz von 105

Schlägen/Minute, um seine Schwelle zu erreichen. Ein 7 Jahre älterer 76jähriger hatte seine anaerobe Schwelle erst bei 150 Schlägen/Minute.

Insgesamt wurden 32 Probanden untersucht.

### **3.4. Physical Working Capacity an der anaeroben Schwelle**

Die Leistung an der anaeroben Schwelle betrug im Mittel 127,2 Watt (SD 36,9 Watt). Dies entspricht einer Physical Working Capacity von 1,62 Watt/kg Körpergewicht (SD 0,48 Watt/kg).

Dabei waren selbst bei gleichem Alter der Probanden zum Teil große Unterschiede in der PWC an der anaeroben Schwelle zu verzeichnen. So hatte ein 59jähriger Proband eine PWC von 0,9 Watt/kg Körpergewicht, während ein anderer 59jähriger eine PWC von 2,9 Watt/kg aufwies.

Es wurden 32 Probanden untersucht.

### **3.5. Herzfrequenzen bei den Messungen an Bord**

#### **3.5.1. Herzfrequenzen bei den einzelnen Manövern an Bord**

Die niedrigsten durchschnittlichen Herzfrequenzen wurden bei der Wende am Steuer mit 106,8 Schlägen/Minute (SD 21,7 Schläge/Minute) verzeichnet. Die Halse am Steuer wies mit 111,1 Schlägen/Minute (SD 15,7 Schläge/Minute) genau wie die Wende an der Schot (115,7 Schläge/Minute, SD 24,3 Schläge/Minute), die Halse an der Schot (117,2 Schläge/Minute, SD 22,1 Schläge/Minute), das Großsegel Einholen (108,9 Schläge/Minute, SD 20,8 Schläge/Minute) und auch das Ablegemanöver mit 110,4 Schlägen/Minute (SD 20,3 Schläge/Minute) relativ niedrige Herzfrequenzwerte auf.

Beim Setzen der Fock wurden im Durchschnitt höhere Frequenzwerte von 124,0 Schlägen/Minute (SD 25,5 Schläge/Minute) registriert, genauso wie beim Anlegemanöver mit 123,8 Schlägen/Minute (SD 20,2 Schläge/Minute) und dem Mann-über-Bord-Manöver mit 126,1 Schlägen/Minute (SD 20,6 Schläge/Minute).

Die höchsten Herzfrequenzwerte erreichten die Probanden beim Setzen des Großsegels. Wenn sie das Manöver allein ausführen mussten, wurde der höchste Wert mit im Mittel 144,0 Schlägen/Minute (SD 18,9 Schläge/Minute) gemessen. Wenn sie das Großsegel mit Hilfe ihrer Crew setzten, wurden immer noch 132,3 Schläge/Minute (SD 22,5 Schläge/Minute) erreicht.

Die im Durchschnitt erreichten 144 Schläge/Minute beim Setzen des Großsegels ohne Hilfe wurden aber im Einzelfall deutlich übertroffen. So war bei einem Probanden der Höchstwert von 170 Schlägen/Minute zu verzeichnen. Es gab aber auch einen Probanden, der bei diesem Manöver nur eine Frequenz von 100 Schlägen/Minute aufwies.

Die Herzfrequenzen bei den einzelnen Manövern an Bord konnten nicht bei allen Probanden für alle Manöver registriert werden. Dies lag meist an technischen Problemen mit der Pulsuhr. Die Probandenzahl variierte deshalb von Manöver zu Manöver. Es wurden insgesamt 20 Probanden untersucht.

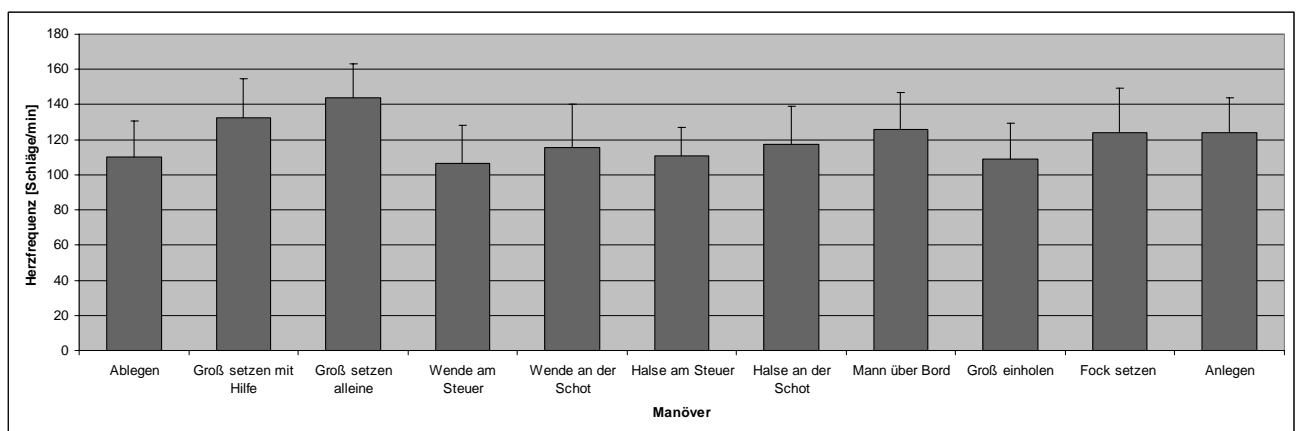


Tabelle 1 und Abbildung 1 zeigen alle Mittelwerte der Herzfrequenzen mit ihren Standardabweichungen bei den einzelnen Manövern.

**Tabelle 1:** Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Herzfrequenzen in Schlägen/Minute bei den einzelnen Manövern (Anzahl Probanden 9 – 20)

Manöver	Herzfrequenz in Schläge/Minute	
	MW	SD
Ablegen	110,4	20,3
Groß Setzen mit Hilfe	132,3	22,5
Groß Setzen alleine	144,0	18,9
Wende am Steuer	106,8	21,7
Wende an der Schot	115,7	24,3
Halse am Steuer	111,1	15,7
Halse an der Schot	117,2	22,1
Mann-über-Bord	126,1	20,6
Großsegel Einholen	108,9	20,8
Fock Setzen	124,0	25,5
Anlegen	123,8	20,2

**Abbildung 1:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz in Schläge/Minute bei den einzelnen Manövern (Anzahl Probanden 9 -20)



### **3.5.2. Herzfrequenzen bei den einzelnen Manövern in Relation zur anaeroben Schwelle**

Setzt man die bei den einzelnen Manövern gemessenen Herzfrequenzen in Relation zur anaeroben Schwelle desselben Probanden, so ergab sich folgendes Bild: Die niedrigsten Prozentwerte ergaben sich bei der Wende an der Schot mit 82,5% (SD 18,1%) der anaeroben Schwelle und die höchsten beim Setzen des Großsegels ohne Hilfe mit 114,2% (SD 15,6%). Beim Setzen des Großsegels wurde die anaerobe Schwelle also deutlich überschritten. Mittel hohe Prozentwerte ergaben sich beim Ablegen mit 85,7% (SD 19,4%), bei der Wende am Steuer mit 83,5% (SD 22,6), bei der Halse am Steuer mit 84,6% (SD 14,8%), der Halse an der Schot mit 84,8% (SD 15,0%) und beim Einholen des Großsegels 84,7% (SD 17,0%). Höhere Werte waren zu verzeichnen beim Setzen des Großsegels mit Hilfe (100,9%, SD 17,9%). Hier wurde die anaerobe Schwelle im Durchschnitt knapp überschritten. Ebenfalls eher hohe Werte wurden errechnet für das Setzen der Fock mit 97,5% (SD 19,3%), das Mann-über-Bord-Manöver mit 97,8% (SD 16,0%) und das Anlegemanöver mit 94,9% (SD 17,1%). Bei allen auf einem Boot regelmäßig anfallenden Manövern außer dem Setzen des Großsegels betrug die Herzfrequenz im Mittel 87,3% der anaeroben Schwelle. Die Tabelle 2 und die Abbildung 2 veranschaulichen nochmals die Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenzen als Prozentwerte der Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle.

Diese Werte spiegeln jedoch nur den Durchschnitt wieder. Im Einzelfall wurde beim Setzen des Großsegels ein Wert von 149,1% der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle erreicht. Derselbe Proband hatte für fast alle Manöver eine Herzfrequenz über der anaeroben Schwelle und außerdem eine niedrige Leistungsfähigkeit mit einer PWC von 0,9 Watt/kg.

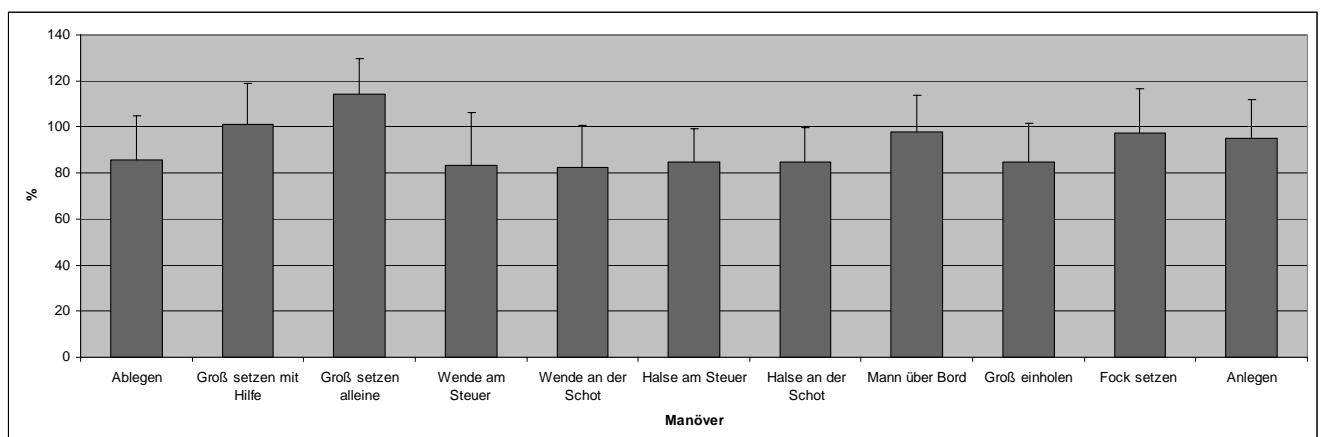
Andererseits gab es Probanden, die bei keinem Manöver mit ihrer Herzfrequenz höher als 89% ihrer anaeroben Schwelle lagen.

**Tabelle 2:** Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Herzfrequenzen (HF) in Prozent der Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle bei den einzelnen Manövern (Anzahl Probanden 9 – 16)

Manöver	HF in % der HF an der anaeroben Schwelle	
	MW	SD
Ablegen	85,7	19,4
Groß Setzen mit Hilfe	100,9	17,9
Groß Setzen alleine	114,2	15,6
Wende am Steuer	83,5	22,6
Wende an der Schot	82,5	18,1
Halse am Steuer	84,6	14,8
Halse an der Schot	84,8	15,0
Mann-über-Bord	97,8	16,0
Großsegel Einholen	84,7	17,0
Fock Setzen	97,5	19,3
Anlegen	94,9	17,1

Die Abbildung 2 zeigt nochmals anschaulich, dass die anaerobe Schwelle im Mittel nur beim Setzen des Großsegels überschritten wurde. Die eingezeichneten Standardabweichungen verdeutlichen aber, dass es im Einzelfall durchaus häufig Überschreitungen gab.

**Abbildung 2:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenzen in Prozent der Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle bei den einzelnen Manövern (n = 9 – 16)



### **3.5.3. Mittlere Herzfrequenzen während des Testprogramms an Bord**

Die mittlere Herzfrequenz während des gesamten Testprogramms an Bord betrug 104,44 Schläge/Minute (SD 16,22 Schläge/Minute). Dies entspricht 79,9% der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle.

Die Anzahl der Probanden betrug 20.

### **3.6. Blutdruck bei den einzelnen Manövern an Bord**

Der systolische Blutdruck erreichte die höchsten Werte beim Mann-über-Bord-Manöver mit im Durchschnitt 178,8 mmHg (SD 24,2 mmHg). Alle anderen Werte lagen unter 170 mmHg. Beim Setzen des Großsegels ohne Hilfe wurden 167,9 mmHg (SD 25,2 mmHg), mit Hilfe 166,8 mmHg (SD 40,5 mmHg) gemessen. 166,3 mmHg (SD 18,6 mmHg) wurden beim Einholen des Großsegels, 160,4 mmHg (SD 38,2 mmHg) bei der Halse am Steuer, 164,2 mmHg (SD 31,0 mmHg) beim Ablegen und 157,1 mmHg (SD 25,1 mmHg) beim Anlegemanöver erreicht. Der niedrigste Blutdruck lag bei durchschnittlich 147,5 mmHg (SD 28,0 mmHg) bei der Wende am Steuer.

Wie auch an den Standardabweichungen in Tabelle 3 und Abbildung 3 zu sehen, wurde der Wert von 180 mmHg aber nur im Durchschnitt nicht überschritten. Im Einzelfall lagen die gemessenen Blutdruckwerte deutlich höher. Z.B. erreichte ein Proband beim Setzen des Großsegels 230 mmHg, ein anderer 222 mmHg beim Mann-über-Bord-Manöver.

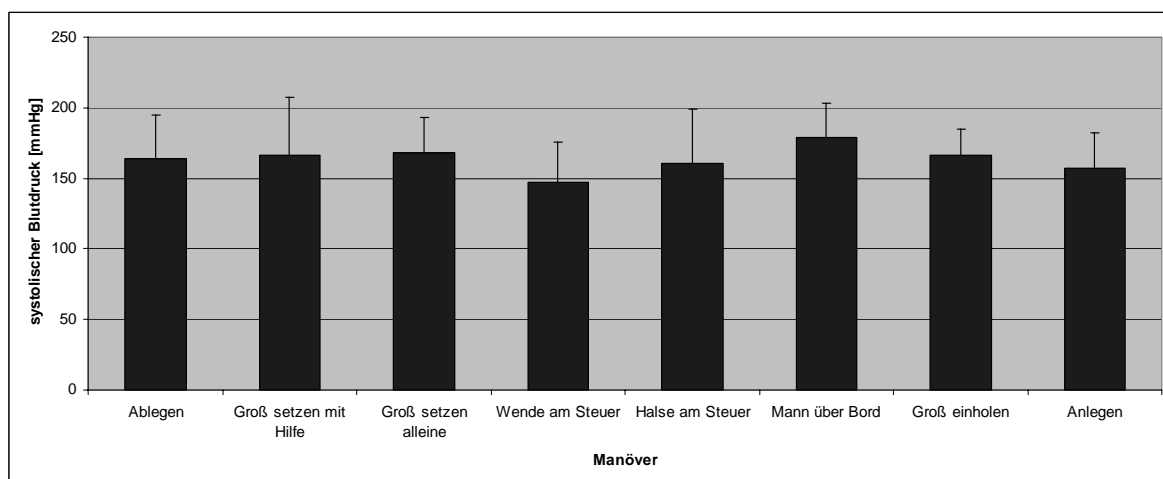
Auch bei der Blutdruckmessung waren messtechnisch bedingt nicht bei allen Probanden für alle Manöver Blutdruckwerte vorhanden. Die Probandenzahl variierte deshalb von Manöver zu Manöver.

**Tabelle 3:** Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) des systolischen Blutdrucks in mmHg bei den einzelnen Manövern (Anzahl Probanden 5 - 14)

Manöver	Systolischer Blutdruck in mmHg	
	MW	SD
Ablegen	164,2	31,0
Groß Setzen mit Hilfe	166,8	40,5
Groß Setzen alleine	167,9	25,2
Wende am Steuer	147,5	28,0
Halse am Steuer	160,4	38,2
Mann-über-Bord	178,8	24,2
Großsegel Einholen	166,3	18,6
Anlegen	157,1	25,1

Abbildung 3 zeigt nochmals anschaulich, dass der systolische Blutdruck im Mittel 180 mmHg nicht überschreitet und dass im Einzelfall aber durchaus Werte über 200 mmHg erreicht wurden.

**Abbildung 3:** Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) des systolischen Blutdrucks in mmHg bei den einzelnen Manövern (Anzahl Probanden 5 – 14)



### **3.7. Sportliche Aktivität pro Woche**

36 Probanden antworteten auf die Frage nach der sonstigen sportlichen Aktivität pro Woche außer Segeln. 12 von ihnen, also ein Drittel, trieb überhaupt keinen Sport außerhalb des Segelns. Die restlichen 24 waren im Durchschnitt 3,4 Stunden pro Woche aktiv. Insgesamt ergaben sich daraus durchschnittlich für den älteren Segler 2,3 Stunden sportliche Aktivität pro Woche.

### **3.8. Korrelationen zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr (SM/Jahr) und der PWC an der anaeroben Schwelle bzw. der sportlichen Aktivität pro Woche (Sport/Woche) und der PWC an der anaeroben Schwelle**

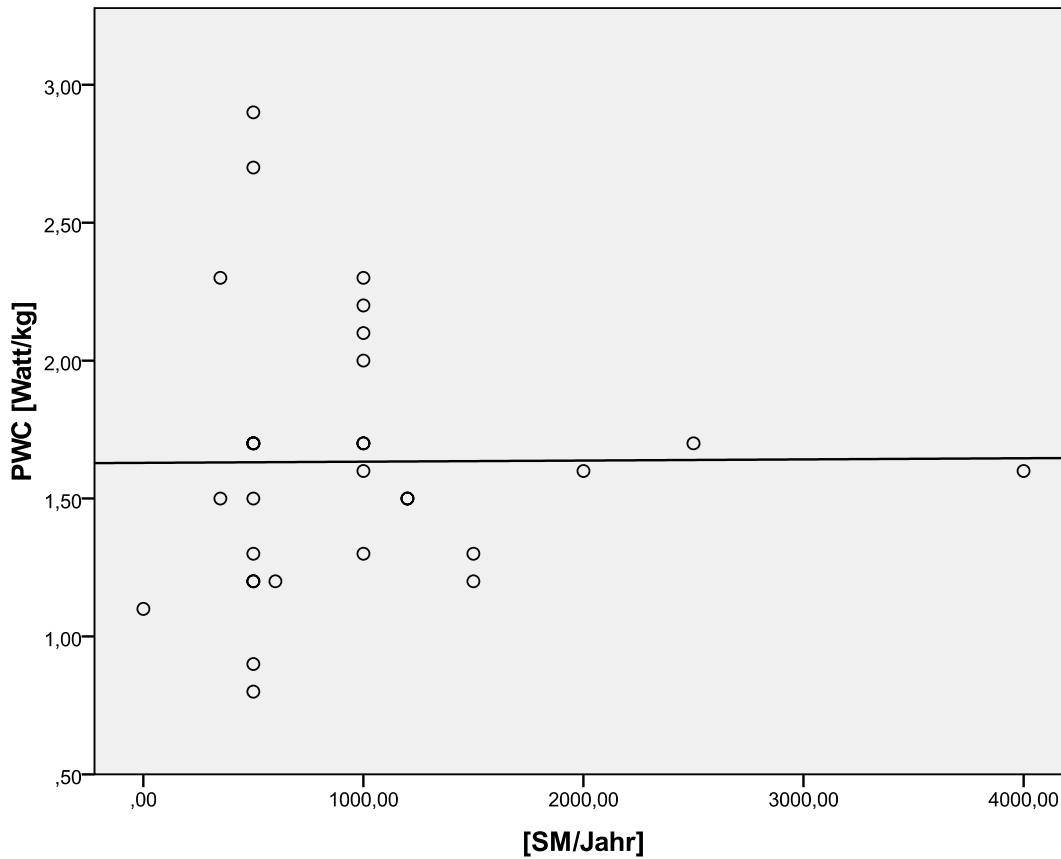
Nach dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest waren alle untersuchten Größen (PWC, SM/Jahr, Sport/Woche) normalverteilt. Diese Voraussetzung zur Berechnung der Korrelation nach Pearson war also erfüllt.

#### **3.8.1. Korrelation zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr und der PWC an der anaeroben Schwelle**

Bei der Berechnung der Korrelation nach Pearson zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr und der PWC an der anaeroben Schwelle ergab sich ein Korrelationskoeffizient von 0,007 mit einer Signifikanz von 0,972.

Abbildung 4 veranschaulicht die Korrelation mittels eines Diagramms.

**Abbildung 4:** Korrelation nach Pearson zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr (SM/Jahr) und der Physical Working Capacity an der anaeroben Schwelle (PWC) in Watt pro Kilogramm



Korrelationskoeffizient 0,007, Signifikanz 0,972

Es ergab sich also keine signifikante Korrelation zwischen der PWC an der anaeroben Schwelle und den gesegelten Seemeilen pro Jahr.

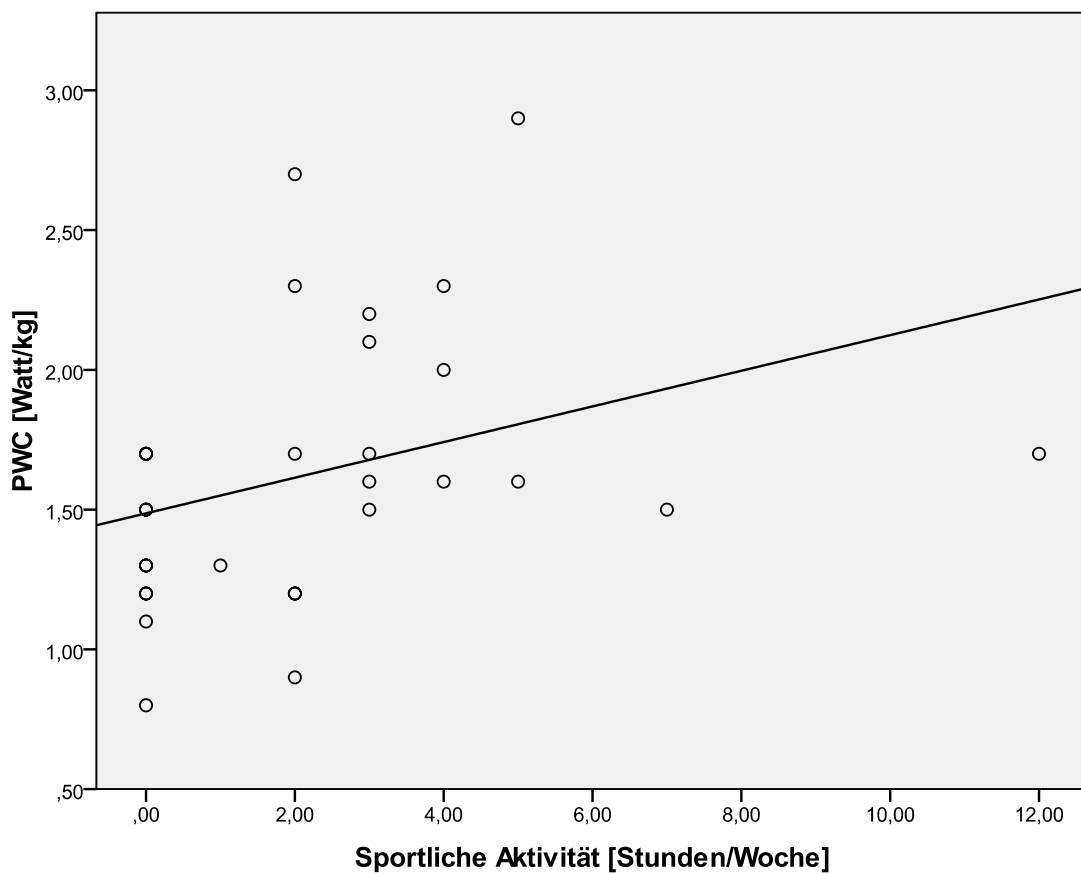
### 3.8.2. Korrelation zwischen der sportlichen Aktivität pro Woche und der PWC an der anaeroben Schwelle

Bei der Berechnung der Korrelation nach Pearson zwischen der sportlichen Aktivität pro Woche außer Segeln und der PWC an der anaeroben Schwelle

ergab sich ein Korrelationskoeffizient von 0,343 mit einer Signifikanz von 0,064.

Abbildung 5 veranschaulicht die Korrelation mittels eines Diagramms.

**Abbildung 5:** Korrelation nach Pearson zwischen der sportlichen Aktivität pro Woche in Stunden pro Woche und der Physical Working Capacity an der anaeroben Schwelle (PWC) in Watt pro Kilogramm



Korrelationskoeffizient 0,343, Signifikanz 0,064

Auch hier ergab sich also keine signifikante Korrelation zwischen der PWC an der anaeroben Schwelle und der sportlichen Aktivität pro Woche.



## 4. Diskussion

### 4.1. Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle

Die anaerobe Schwelle wurde in dieser Untersuchung für jeden Probanden individuell durch Laktatmessungen unter Belastung bestimmt.

Für die Bestimmung der anaeroben Schwelle gibt es unterschiedliche Konzepte. Die physiologische Grundlage der meisten Methoden ist, den Punkt des maximalen Laktat-Steady-State zu bestimmen, d.h. die höchste Belastungsintensität, bei der sich Laktatbildung und Laktatelimination im Gleichgewicht befinden (siehe 1.3.) und sich deshalb bei gleichbleibender Dauerleistung ein nahezu konstanter Laktatspiegel einstellt. Diesen Punkt kann man durch Dauerbelastungsuntersuchungen direkt bestimmen. Da dieses Verfahren im klinischen Alltag aber einen zu hohen Aufwand bedeutet, wird es eher zur Validierung der verschiedenen Konzepte zur Bestimmung der anaeroben Schwelle eingesetzt. Daher wurden verschiedene Testverfahren entwickelt, um den Punkt des maximalen Laktat-Steady-States mittels vereinfachter Methoden zu bestimmen. Bei den meisten Verfahren wird dazu ein stufenförmig ansteigender Belastungstest durchgeführt. Auf den einzelnen Stufen wird die Laktatkonzentration gemessen und daraus eine Laktatleistungskurve erstellt. Nach Dickhuth et al. (1988) liegt dann die anaerobe Schwelle 1,5 mmol/l über dem Basislaktatwert. Simon et al. (1986) sehen die anaerobe Schwelle 1,5 mmol/l über dem ersten Anstieg des Laktatspiegels (aerobe Schwelle). Neben vielen weiteren, existieren außerdem Konzepte, die die Laktatkinetik in der Erholungsphase berücksichtigen (Stegmann et al. 1981).

Die Bestimmung der anaeroben Schwelle nach Mader et al. (1976) ist die hierzulande gebräuchlichste Methode und definiert die Schwelle bei einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l. Diese 4 mmol/l Schwelle repräsentiert für

Untrainierte im Durchschnitt recht genau den Punkt des maximalen Laktat-Steady-States, während es Hinweise darauf gibt, dass bei Ausdauertrainierten dieses Steady-State bei niedrigeren Laktatkonzentrationen erreicht wird (Kindermann 2004).

Da es sich bei den Probanden dieser Untersuchung nicht um Leistungssportler handelte und das Testverfahren am Institut für Sport und Sportwissenschaften etabliert ist, wurde für diese Arbeit das Konzept der Bestimmung der anaeroben Schwelle nach Mader et al. (1976) gewählt.

In der Literatur werden auch immer wieder Formeln für die Bestimmung der anaeroben Schwelle angegeben, die nur das Alter berücksichtigen. Diese berechnen eine maximal erreichbare Herzfrequenz auf dem Fahrradergometer mit der Formel  $200 - \text{Lebensalter}$  (Meyer und Kindermann 1999). Die anaerobe Schwelle soll dann bei ca. 80-90% der so ermittelten maximalen Frequenz liegen (Kindermann 2006). Für die Probanden aus dieser Untersuchung, die im Durchschnitt 64 Jahre alt waren, würde das einer Frequenz an der anaeroben Schwelle von 116 Schlägen/Minute entsprechen. Der tatsächlich ermittelte Wert beträgt aber 131,0 Schläge/Minute. Noch eindrucksvoller sind die zum Teil im Einzelfall extrem abweichenden Werte. Z.B. die sehr hohe Herzfrequenz von 150 Schlägen/Minute bei einem 76jährigen. Hier wäre bei Anwendung der oben genannten Formel die Schwelle bei 105 Schlägen/Minute zu vermuten gewesen. Auch die ermittelte anaerobe Schwelle eines 59jährigen bei 150 Schlägen/Minute wäre bei Anwendung der Formel mit 120 Schlägen/Minute völlig falsch eingeschätzt worden. Damit hätten auch die Herzfrequenzen, die bei den Manövern auf dem Boot gemessen wurden, viel zu hohe Belastungen für den Einzelnen suggeriert.

Die Untersuchungsergebnisse unterstreichen deshalb eindrucksvoll, wie wichtig die Bestimmung der anaeroben Schwelle durch eine Belastungsuntersuchung ist, um exakte Anhaltspunkte zur Belastungsschwelle des Einzelnen geben zu

können. Nur so kann der Gefahr der Überforderung, aber auch der Unterforderung z.B. bei Trainingsempfehlungen vorgebeugt werden.

## **4.2. Ausdauerleistungsfähigkeit der Probanden**

Als Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit wurde in dieser Untersuchung die PWC an der anaeroben Schwelle gewählt.

Sie betrug im Mittel 1,62 Watt/kg Körpergewicht.

Um einschätzen zu können, ob dieser Wert auch eine bessere Fitness der älteren Segler im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung gleichen Alters bedeutet und weil für die PWC an der anaeroben Schwelle keine altersabhängigen Normwerte in der Literatur vorliegen, sind folgende Vorüberlegungen nötig:

Die maximale PWC für einen 30jährigen liegt durchschnittlich bei 3,0 Watt/kg und sinkt pro Lebensdekade um ca. 10% (Piementel et al. 2003). Für die im Durchschnitt 64 Jahre alten Segler in dieser Untersuchung würde dies eine maximale PWC von 2,1 Watt/kg bedeuten. Bei wie viel Prozent der maximalen Leistungsfähigkeit die anaerobe Schwelle liegt, ist unter anderem vom Trainingszustand abhängig. Für Untrainierte liegt die anaerobe Schwelle je nach Literatur zwischen 50% und 70% der maximalen Leistungsfähigkeit (Shah et al. 1991, Haber 2001, Rost 2005). Damit würden sich für die im Durchschnitt 64 Jahre alten Segler in dieser Untersuchung 1,05-1,47 Watt/kg ergeben.

Die älteren Segler in dieser Untersuchung hatten also mit 1,62 Watt/kg eine höhere Ausdauerleistungsfähigkeit als in ihrem Alter zu erwarten gewesen wäre.

Ein höheres Fitnessniveau ist nach vielen neueren Untersuchungen ein starker Prädiktor für ein vermindertes Auftreten des metabolischen Syndroms (Laaksonen et al. 2002, LaMonte et al. 2005) und für eine verminderte Mortalität (Blair et al. 1995). Insofern kann man auch für die untersuchten

Segler von einer besseren Gesundheitsprognose gegenüber ihren Altersgenossen ausgehen.

Allerdings stellt sich die Frage, ob die höhere Leistungsfähigkeit auf das Segeln zurückzuführen ist oder ob ein Grund für die höhere Leistungsfähigkeit sein könnte, dass Segler einfach allgemein mehr Sport treiben.

Bei der Befragung der älteren Segler bezüglich ihrer sportlichen Aktivität pro Woche außerhalb des Segelns zeigte sich, dass diese tatsächlich mehr Sport treiben als ihre Altersgenossen. In der Altersklasse der 61-70jährigen treiben nur 16% der Männer regelmäßig Sport (Pache 2003). Bei den älteren Seglern dieser Untersuchung waren 67% mindestens einmal pro Woche sportlich aktiv. Auch der Umfang der sportlichen Aktivität war in der Gruppe der Sporttreibenden mit im Durchschnitt 3,4 Stunden/Woche relativ hoch und entsprach damit in etwa den Empfehlungen, die für Gesundheitssport im Alter gemacht werden (Oschütz und Belinova 2003). Allerdings konnte nicht differenziert werden, um welche Art und Intensität von Sport es sich handelte. Man könnte aber vermuten, dass die älteren Segler durch den Trainingseffekt ihres zusätzlichen Sports leistungsfähiger sind als der Durchschnitt ihrer Altersgenossen.

Um Hinweise zur Klärung dieser Frage zu erhalten, wurde die Korrelation zwischen der sonstigen sportlichen Aktivität (in Stunden pro Woche) und der PWC an der anaeroben Schwelle berechnet. Außerdem wurde die Korrelation zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr und der PWC betrachtet, um den Effekt des Segelns auf die Fitness einschätzen zu können.

Zwischen den gesegelten Seemeilen pro Jahr und der Ausdauerleistungsfähigkeit ergab sich kein linearer Zusammenhang (Korrelationskoeffizient nach Pearson 0,007, Signifikanzniveau 0,972). Ein hoher Segelumfang pro Jahr kommt nach diesen Ergebnissen also als Grund für die höhere Ausdauerleistungsfähigkeit der Probanden eher nicht in Frage.

Zwischen der Ausdauerleistungsfähigkeit und der sportlichen Aktivität pro Woche ergab sich zwar ebenfalls keine signifikante Korrelation, aber es wurde

zumindest ein Trend deutlich (Korrelationskoeffizient 0,343, Signifikanzniveau 0,064). Hier hätte man einen signifikanten Zusammenhang erwartet, denn Sport erhöht im Allgemeinen die Ausdauerleistungsfähigkeit. Bei der Ausdauerleistungsfähigkeit spielen aber neben dem Umfang des Trainings noch viele andere Faktoren eine Rolle. So kommt es beim Training auch auf die Art der Belastung an. Sportliche Aktivität wie Krafttraining erhöht die Maximalkraft oder die Kraftausdauer, aber nicht die Ausdauerleistungsfähigkeit. Aber auch sportliche Aktivitäten, die eine Ausdauerbelastung darstellen, erhöhen nicht zwangsläufig die Ausdauerleistungsfähigkeit. Hierzu sind die Überschreitung einer bestimmten Intensität des Trainingsreizes und auch eine bestimmte Reizdichte notwendig (Weineck 1994). Außerdem spielen auch Faktoren wie z.B. Muskelfaserzusammensetzung und andere genetische Voraussetzungen eine entscheidende Rolle. Im oberen Bereich des Trainingsumfangs ist ohnehin kein linearer Zusammenhang (und nur ein linearer Zusammenhang würde durch die Korrelationsberechnung nach Pearson nachgewiesen werden) zwischen Sportumfang und Ausdauerleistungsfähigkeit zu erwarten. Bei hohen Trainingsumfängen führt weiteres Training nur noch zu geringen Leistungszuwächsen (Weineck 1994). Außerdem ist ein von den Probanden selbst berichteter Sportumfang wegen einer möglichen zu positiven Selbstdarstellung ein relativ unzuverlässiger Parameter (Pache 2003).

Aus diesen Gründen und wegen der relativ kleinen Probandenzahl von 30 ergab die Betrachtung der Korrelation zwischen sportlicher Aktivität und PWC wahrscheinlich kein eindeutiges Ergebnis.

### **4.3. Belastungen des Herzkreislaufsystems an Bord**

In vielen Studien wird das Doppelprodukt aus dem systolischen Blutdruck und der Herzfrequenz als Maß für die Belastung des Herzkreislaufsystems benutzt (Weisser et al. 2006, Uen et al. 2003).

Die Belastung des Herzkreislaufsystems kann somit während körperlicher Aktivität sehr gut über die Herzfrequenz und über den systolischen Blutdruck beurteilt werden.

#### **4.3.1. Systolischer Blutdruck bei den Manövern an Bord**

Bei der Bewertung der Ergebnisse für den Blutdruck ist vor allem der systolische Blutdruck relevant. Einerseits sind es die systolischen Blutdruckspitzen während einer Belastung, die dem Gefäßsystem potenziell schaden, andererseits lieferte die Messung mit dem Langzeitblutdruckmessgerät für den diastolischen Blutdruck nur sehr unzuverlässige Daten. Dies lag wahrscheinlich an der ständigen Bewegungen der Probanden während der Manöver.

Bei keinem der Manöver stieg der systolische Blutdruck im Mittel über 180 mmHg. Der höchste Wert wurde beim „Mann-über-Bord-Manöver“ mit 178,8 mmHg erreicht. Auch beim Setzen des Großsegels, was ja eher einer Kraft- als einer Ausdauerbelastung entspricht, stieg der durchschnittliche systolische Blutdruck nur auf 167,9 mmHg. Hier hätte man auf Grund der Pressatmung, die von den meisten Seglern nicht vermieden werden konnte, höhere Druckwerte erwarten können.

Ein systolischer Blutdruck von 180 mmHg wird z.B. in den Leitlinien der Deutschen Diabetes Gesellschaft (Halle et al. 2008) als Grenzwert angegeben, der bei körperlicher Belastung nicht überschritten werden sollte, da höhere

Werte für den Patienten mit vorgeschädigtem Gefäßsystem gefährlich werden könnten.

Die körperlichen Aktivitäten auf dem Boot scheinen also nicht zu gefährlichen Blutdruckspitzen zu führen. Diese Aussage gilt aber nur für den Durchschnitt. Im Einzelfall wurden z. B. beim Großsegelsetzen Werte von 230 mmHg erreicht.

Ein systolischer Blutdruck von 200 mmHg (bzw. 215 mmHg bei über 50jährigen) bei einer Belastung von 100 Watt auf dem Fahrradergometer wird als Grenzwert für die Diagnose Belastungshypertonie angesehen (Predel 2007).

An den im Labor erhobenen Blutdruckwerten bei einer Leistung von 100 Watt zeigte sich, dass die untersuchten Segler mit einem Wert von 170,7 mmHg im Durchschnitt keine Belastungshypertonie aufwiesen. Auch die Werte für den Ruheblutdruck von im Durchschnitt systolisch 141,1 mmHg und diastolisch 80,9 mmHg liegen nur knapp über dem Grenzwert für die Diagnose Hypertonie. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Untersuchungssituation im Labor keine echten Ruheblutdruckwerte gemessen werden können. Die untersuchten Probanden wiesen also im Mittel keine Hypertonie oder Belastungshypertonie auf, sodass sich deshalb wahrscheinlich auch aus diesen Gründen im Durchschnitt eben keine zu hohen Werte bei den Manövern an Bord zeigten.

Die im Einzelfall durchaus sehr hohen Werte von bis zu 230 mmHg zeigen aber, dass besonders bei älteren Seglern, die eine Belastungshypertonie aufweisen, gefährlich hohe Werte erreicht werden können.

Aufgrund von epidemiologischen Daten ist davon auszugehen, dass nur etwa die Hälfte aller Patienten, die an einer Hypertonie leiden, von ihrer Erkrankung wissen (Weisser 2003b). Diese sind aber eben auch besonders gefährdet unter Belastung gefährlich hohe Blutdruckwerte zu erreichen. Insofern sollte jedem Segler, auch um eine Belastungshypertonie auszuschließen, eine regelmäßige sportmedizinische Untersuchung einschließlich Belastungs-EKG mit den entsprechenden begleitenden Blutdruckmessungen empfohlen werden, um dann

ggf. zunächst eine Behandlung einleiten zu können und so Gefährdungen auf dem Boot durch Bludruckspitzen zu vermeiden.

#### **4.3.2. Herzfrequenzen bei den Manövern an Bord**

Die an Bord bei den einzelnen Manövern gemessenen Herzfrequenzen sagen gemessen in ihren Absolutwerten wenig aus.

Zur Einschätzung, was eine bestimmte Herzfrequenz bei einem Manöver für den Einzelnen bedeutet, muss diese Herzfrequenz immer in Relation zur Belastbarkeit des Betreffenden gesehen werden.

Wie man die Belastbarkeit eines Menschen definiert, hängt dabei entscheidend davon ab, welches Klientel man beurteilen will. Wenn es sich um junge gesunde Sportler handelt, ist die anaeroben Schwelle eine adäquate Größe, um die Ausdauerleistungsfähigkeit und damit die Belastbarkeit einschätzen zu können (Meyer und Kindermann 1999, Heck und Beneke 2008).

Anders ist die Situation bei Patienten mit einer koronaren Herzkrankheit. Hier zieht man als Belastungsgrenze die so genannte Ischämieschwelle heran. Diese Schwelle entspricht der Herzfrequenz, bei der im EKG erstmals Ischämiezeichen auftreten oder bei der der Patient subjektiv eine Angina-Pectoris-Symptomatik zeigt (Weidemann und Meyer 1991). Diese Grenze der Belastbarkeit wird z.B. bei der Teilnahme an einer Herzsportgruppe zur Belastungssteuerung verwandt, um die Patienten nicht der Gefahr einer Ischämie während des Herzsports auszusetzen. .

Da es sich bei den Probanden in der vorliegenden Untersuchung zwar um ältere, aber potenziell gesunde Segler ohne relevante Herzkreislauferkrankungen handelte, wurde als Maß für die Belastbarkeit in dieser Untersuchung die Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle gewählt.



Die bei den einzelnen Manövern erreichten Frequenzen wurden dann in Relation zur im Labor ermittelten Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle gesetzt.

Die an Bord bei den einzelnen Manövern gemessenen mittleren Herzfrequenzen lagen am niedrigsten bei der Wende am Steuer (106,8 Schlägen/Minute, SD 21,7 Schläge/Minute) und am höchsten beim Großsegel Setzen ohne Hilfe (144,0 Schlägen/Minute, SD 18,9 Schläge/Minute).

Dies entspricht einer Bandbreite von 83,5% (SD 22,6%) der anaeroben Schwelle bei der Wende am Steuer bis zu 114,2% (SD 15,6 %) beim Setzen des Großsegels. Nur bei zwei Manövern, nämlich beim Setzen des Großsegels mit und ohne Hilfe wurde die anaerobe Schwelle im Mittel überschritten. Bei allen anderen, regelmäßig auf einem Boot anfallenden Manövern, liegt die Herzfrequenz im Schnitt bei 114,7 Schlägen/Minute, entsprechend ca. 87,3% der anaeroben Schwelle. Die objektive Belastung bei den Manövern auf dem Boot ist also im Durchschnitt als eher gering einzustufen, da sie immer nur kurzfristig höhere Bereiche erreicht und nur beim Setzen des Großsegels die anaerobe Schwelle überschreitet. Insofern entsprechen die Belastungen auf dem Boot größtenteils den Empfehlungen für den älteren Sportler, die besagen, dass das Überschreiten der aerob-anaeroben Schwelle möglichst vermieden werden sollte (Weisser et al. 2009). Trotzdem empfinden offensichtlich viele ältere Segler den Segelsport subjektiv als zu anstrengend und geben aus diesem Grund das Segeln auf. Hier klafft eine Lücke zwischen subjektiver Wahrnehmung der Anstrengungen auf einem Segelboot und den tatsächlich gemessenen objektiven Werten. Allerdings ist festzustellen, dass die hier untersuchten älteren Segler zum größten Teil noch aktive Segler waren und somit die Aktivitäten auf dem Boot noch nicht als zu anstrengend wahrnahmen (siehe 4.4.).

Allerdings darf nicht außer Acht gelassen werden, dass bei einem Segler mit einer bestehenden Herzkreislauferkrankung natürlich auch eine einzelne zu hohe Belastung durch zu hohe Herzfrequenzen oder einen zu hohen Blutdruck zu

gefährlichen Situationen führen kann. Bei einigen Probanden waren dann ja auch im Einzelfall durchaus sehr hohe Werte beim Setzen des Großsegels zu verzeichnen (Werte bis 149,1% der anaeroben Schwelle). Aus diesem Grund sollte jedem Segler, wie anderen Sportlern auch, empfohlen werden, regelmäßig sportmedizinische Untersuchungen inklusive Belastungs-EKG durchführen zu lassen, um eine individuelle Belastungsschwelle (anaerobe Schwelle oder ggf. Ischämieschwelle) festlegen zu können. Sollte diese deutlich unter den Belastungen liegen, die an Bord vorkommen, muss man je nach Ursache entweder ganz vom Segelsport abraten oder zuvor geeignete Maßnahmen wie z.B. Kraft- und Ausdauertraining empfehlen, um die limitierende Belastungsschwelle in höhere Leistungsbereiche zu verschieben. Ein körperliches Training sollte man auch empfehlen, wenn ältere Segler die Tätigkeiten auf dem Boot nur subjektiv als zu anstrengend empfinden und deshalb überlegen den Segelsport aufzugeben. Eine weitere Möglichkeit wären natürlich auch bauliche Veränderungen auf dem Boot, um die anfallenden Belastungen an Bord zu vermindern.

Mit 87,3% der anaeroben Schwelle entsprachen die Herzfrequenzen bei den meisten Manövern genau dem Frequenzbereich, den man einem Sportler für ein extensives Ausdauertraining, nämlich 15-25 Schläge/Minute unter der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle, empfehlen würde (Weineck 1994). Allerdings handelt es sich bei den Aktivitäten auf dem Boot natürlich nicht um eine Dauerbelastung in diesem Bereich. Die durchschnittliche Herzfrequenz während des gesamten Testprogramms beträgt somit auch nur 104,4 Schläge/Minute und liegt damit ca. 27 Schläge/Minute unter der durchschnittlichen anaeroben Schwelle (entsprechend 79,7%). Dieser Wert liegt eher im unteren Bereich des extensiven Grundlagenausdauertrainings, im Übergang zum regenerativen Training (Weineck 1994).

Die Belastungsweise auf einem Boot würde von Seiten der Trainingslehre auch eher einem Training nach der Wechselmethode (Dauermethode mit wechselnder Intensität) entsprechen. Bei diesem Training wechseln sich mindestens zwei Intensitätsstufen ab (hier extensives Training und regeneratives Training). Der Effekt entspricht etwa der Dauermethode (Schnabel und Harre 1994), wobei es auf dem Boot aber eben nur zu niedrigen Belastungen kommt. Um einen messbaren Trainingseffekt zu erzielen, muss aber eine gewisse Trainingsintensität (mindestens 30%, besser 50% der Leistungsfähigkeit) erreicht werden (Strauzenberg et al. 1990).

Dies deckt sich mit den Überlegungen zur Ursache der etwas höheren Ausdauerleistungsfähigkeit der Segler gegenüber ihren Altersgenossen. Hier zeigte sich ja keine lineare Abhängigkeit der PWC von den gesegelten Seemeilen pro Jahr. Der Trainingseffekt durch das Segeln scheint also eher gering zu sein.

.

In vielen Studien wurde aber gerade für Ältere belegt, dass selbst kleinste Änderungen im Aktivitätsniveau und sogar nur vermehrte Alltagsaktivitäten gerade für den sonst Inaktiven einen großen Effekt auf Risikofaktoren und Mortalitätsrate haben (Blair et al. 1995, Blair et al. 2004, Chase et al. 2009, Hakim et al. 1998). Ältere Menschen mit ihrem im Schnitt niedrigen Fitnessniveau und vielen chronischen Erkrankungen sind die Gruppe, die besonders von sportlicher Aktivität profitiert (Evans 1999). Insofern sind auch sportliche Belastungen auf niedrigem Niveau mit einem durchaus hohen Gewinn für die Gesundheit verbunden (Weisser 2003a). Obwohl also in dieser Untersuchung kein eindeutiger Trainingseffekt durch das Segeln nachzuweisen ist, könnte trotzdem ein Gesundheitseffekt durch das Segeln zu erwarten sein. Außerdem könnte man vermuten, dass das zu geringe Maß an Trainingsintensität vielleicht nur für die spezielle Gruppe der hier untersuchten Segler gilt, die sicherlich ein ausgewähltes Klientel bilden (siehe 4.4. Kritik an

der Methode). Denn je höher das Ausgangsniveau der Ausdauerleistungsfähigkeit ist, desto höher muss auch der Trainingsreiz sein, um eine Verbesserung zu erzielen.

#### **4.4. Kritik an der Methode**

Die bei uns untersuchten Probanden waren sicherlich ein selektiertes Klientel. Es erwies sich als unerwartet schwierig, Probanden zu finden, die unter Beobachtung Segelmanöver zeigen wollten und die bereit waren, im Testlabor ihre Fitness unter Beweis zu stellen. Insofern sind die Testpersonen dieser Untersuchung sicherlich überwiegend sehr erfahrene Segler, die sich nicht scheuen auch mit Publikum zu Segeln und außerdem vom Sport begeisterte Menschen, die keine Bedenken vor der Beurteilung ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit haben. Für einige Probanden war gerade das Erstellen einer Laktatleistungskurve die Motivation an der Untersuchung teilzunehmen, um so ihr Training besser gestalten zu können.

Diese Tatsachen sind zu berücksichtigen, wenn man die Belastungen an Bord in Relation zu der anaeroben Schwelle dieser selektierten Probanden setzt und sich dabei keine übermäßigen Anstrengungen ergeben. Das Gleiche gilt für die Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit, die deshalb vermutlich höher liegt als beim „Durchschnittssegler“.

Zur Einschätzung der Belastung des Herzkreislaufsystems auf dem Boot wurden Herzfrequenz und systolischer Blutdruck betrachtet. Ob diese Parameter durch körperliche Anstrengung oder mentalen Stress beeinflusst wurden, konnte nicht differenziert werden. Man kann jedoch vermuten, dass Manöver wie An- oder Ablegen eher durch psychischen Stress und das Setzen des Großsegels eher durch körperliche Anstrengung Herzfrequenz- und Blutdruckerhöhungen verursachen. Für die Gefährlichkeit von Spitzenbelastungen beim Segeln ist

diese Unterscheidung auch nicht relevant, denn hier kommt es nur auf die Erhöhung der Parameter und nicht auf die Ursache der Erhöhung an. Anders verhält es sich bei der Beurteilung des Trainingseffekts, der nur auf Grundlage von körperlicher Anstrengung zustande kommt. Die Trainingseffekte wurden deshalb höher eingeschätzt als sie tatsächlich waren.

Bei den Untersuchungen auf dem Boot herrschten natürlich nicht immer die gleichen äußeren Bedingungen. Windstärke, Windrichtung und Wellenhöhe wurden zwar protokolliert, waren aber dadurch, dass in der Förde gesegelt wurde und bei Starkwind keine Untersuchungen stattfanden, nicht so unterschiedlich, als dass Zusammenhänge zwischen Herzkreislaufbelastungen und Wetterbedingungen untersucht werden konnten. Die Wetterbedingungen waren insgesamt aber eher moderat, so dass bei extremen Wetterverhältnissen vermutlich auch höhere Herzkreislaufbelastungen gemessen worden wären.

#### **4.5. Fazit**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Segeln eine auch für den Älteren empfehlenswerte Sportart ist. Die mittleren Belastungen auf einem Segelboot sind nur gering, aber auch geringe sportliche Aktivitäten führen zu einer Verbesserung der Gesundheitsprognose.

Die auf dem Boot regelmäßig anfallenden Manöver führen, gemessen an der Belastbarkeit der Segler, in den meisten Fällen nicht zu einer Überlastung des Herzkreislaufsystems. Gleichwohl wurde beim Setzen des Großsegels die anaerobe Schwelle im Mittel deutlich überschritten. Hier wären Überlegungen sinnvoll, bauliche Veränderungen auf dem Boot zu schaffen, um das Manöver zu erleichtern. Eine weitere sinnvolle Alternative wären aber auch konkrete Trainingsempfehlungen, um die Leistungsfähigkeit von älteren Seglern zu

verbessern und so die Belastungen bei den verschiedenen Manövern für den Einzelnen in geringere Bereiche zu verschieben.

Auf jeden Fall sollte älteren Seglern, genauso wie anderen Sportlern auch, zu regelmäßigen sportmedizinischen Untersuchungen inklusive Belastungs-EKG geraten werden, um Risiken zu erkennen und ggf. eine Behandlung einleiten zu können.

#### **4.6. Ausblick**

Die in dieser Untersuchung erhobenen Daten zur Belastung von älteren Seglern bei einem Törn sagen nur etwas darüber aus, wie groß die Beanspruchung des Herzkreislaufsystems in Relation zur Belastbarkeit dieser untersuchten Probanden ist. Wie groß die absoluten Anforderungen sind, die auf einem Boot bei den einzelnen Manövern bewältigt werden müssen, lässt sich nicht sagen.

Insofern wären weiterführende Untersuchungen sinnvoll, die diese absoluten Anforderungen quantifizieren, um so eine Art spezifische Sporttauglichkeitsuntersuchung für das Segeln entwickeln zu können, die die speziellen Erfordernisse auf einem Boot berücksichtigt.

## 5. Zusammenfassung

In der Altersgruppe der über 60jährigen sind etwa 400 000 Personen aktive oder ehemals aktive Segler. Im Segelsport fällt jedoch auf, dass gerade im Altersbereich zwischen 65 und 70 Jahren viele Segler ihre Boote aufgeben und den aktiven Segelsport verlassen, obwohl doch gerade in diesem Alter oft mehr Zeit vorhanden wäre, diesen Sport zu betreiben. Viele ältere Segler geben als Grund hierfür an, dass sie sich subjektiv den Belastungen an Bord nicht mehr wie in früheren Jahren gewachsen fühlen. Die meisten begründen das Aufgeben des Segelns nicht mit akuten gesundheitlichen Einschränkungen, sondern mit den allgemein typischen Belastungen auf dem Boot, die ihnen subjektiv zu anstrengend werden.

Welchen Belastungen der ältere Segler auf dem Boot ausgesetzt ist, in welcher Relation diese Belastungen zu seiner Belastbarkeit stehen und ob diese vielleicht sogar gesundheitliche Risiken wie zu hohe Herzfrequenz- und Blutdruckerhöhungen bergen, ist bisher nicht bekannt. Auch ob die Belastungen in einem Bereich liegen, der vielleicht einen Trainingseffekt bietet, so dass ältere Segler eine bessere Ausdauerleistungsfähigkeit und dadurch auch eine bessere Gesundheitsprognose haben als ihre Altersgenossen, ist unklar.

In der vorliegenden Arbeit sollte deshalb untersucht werden wie hoch die Spitzenbelastungen auf einem Segelboot bei verschiedenen Manövern oder auch im Durchschnitt in Relation zur Belastbarkeit der älteren Segler tatsächlich sind. Außerdem wurde die Ausdauerleistungsfähigkeit der Segler bestimmt, um einen möglichen Effekt auf die Gesundheitsprognose einschätzen zu können.

Untersucht wurden insgesamt 39 Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von 64,4 Jahren. Um die Belastungen des Herzkreislaufsystems auf einem Boot einschätzen zu können wurden Herzfrequenz- und Blutdruckmessungen unter Segelbelastung auf einer Hanse-Yacht 341 während eines ca. dreistündigen Törns auf der Kieler Förde durchgeführt. Hier mussten die Probanden als

Bootsführer verschiedene auf einem Boot regelmäßig anfallende Manöver ausführen. Dabei wurden mit Hilfe einer Pulsuhr und eines Langzeitblutdruckmessgerätes Herzfrequenz und Blutdruck registriert. Zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit wurde eine Fahrradergometrie mit Laktatmessung nach WHO-Schema durchgeführt und so die Leistungsfähigkeit und die Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle bestimmt.

Dabei ergaben sich folgende Erkenntnisse: Beim Segeln entstanden auf dem Boot für ältere Segler nur relativ niedrige körperliche Belastungen, die bei einigen Manövern jedoch über der Ausdauerleistungsgrenze (anaerobe Schwelle) lagen. Bei älteren Menschen, die potenziell relevante Vorerkrankungen im Herz-Kreislauf-Bereich aufweisen, können diese Belastungen deshalb zu kritischen Situationen an Bord führen.

Ältere Segler sollten deshalb regelmäßig sportmedizinisch untersucht werden, um zu verhindern, dass sie sich auf dem Boot Belastungen aussetzen, die das Herzkreislaufsystem nicht mehr zu leisten vermag.

Auch wären Überlegungen sinnvoll, bauliche Veränderungen auf dem Boot vorzunehmen, um einzelne Manöver zu erleichtern.

Die mittleren Belastungen auf dem Boot sind insgesamt als eher gering einzustufen. Trotzdem führen auch geringe sportliche Aktivitäten zu einer Verbesserung der Gesundheitsprognose, die nicht zu unterschätzen ist.

Trotz der eher niedrigen Belastungen auf dem Boot wiesen die älteren Segler in dieser Untersuchung eine höhere Leistungsfähigkeit auf als es in ihrer Altersklasse zu erwarten wäre. Ob hierfür der Segelsport, eine erhöhte andere sportliche Aktivität oder andere Umstände verantwortlich sind, lässt sich aus den erhobenen Daten nicht ableiten.



## 6. Literaturverzeichnis

**Achten, J., Jeukendrup, A. E. (2003):** Maximal fat oxidation during exercise in trained men. *Int J Sports Med*, 24, 603-8

**Bernardi, M., Quattrini, F. M., Rodio, A., Fontana, G., Madaffari, A., Brugnoli, M., Marchetti, M. (2007):** Physiological characteristics of America`s Cup sailors. *J Sports Sci*, 25, 1141-52

**Blair, S. N., Kohl, H. W. 3rd, Barlow, C. E., Pfaffenbarger, R. S. Jr., Gibbons, L. W., Macera, C. A. (1995):** Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*, 273, 52-53

**Blair, S. N., LaMonte, M. J., Nichaman, M. Z. (2004):** The evolution of physical activity recommendations: how much is enough. *Am J Clin Nutr*, 79, 913-20

**Chase, N. L., Sui, X., Lee, D., Blair, S. N. (2009):** The association of cardiorespiratory fitness and physical activity with incidence of hypertension in men. *Am J Hypertens*, 22, 417-23

**Conzelmann, A. (1997):** Entwicklung konditioneller Fähigkeiten im Erwachsenenalter. Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

**Cunningham, P., Hale, T. (2007):** Physiological responses of elite Laser sailors to 30 minutes of simulated upwind sailing. *J Sports Sci*, 25, 1109-16

**Denk, H. (2003):** Individuelle Aspekte des Alterssports, Bilder und Theorien des Alters und Alterns. In: Denk, H., Pache, D., Schaller, H.-J. (Hrsg.), Handbuch Alterssport, Bd. 139, 55-67, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

**Dickhuth, H. H., Wolfahrt, B., Hildebrand, D., Rokitzki, L., Huonker, M., Keul, J. (1988):** Jahreszyclische Schwankungen der Ausdauerleistungsfähigkeit von hochtrainierten Mittelstreckenläufern. Dtsch Z Sportmed, 39, 346-53

**Dierck, T., Rieckert, H. (1980):** Die Belastung des Jugendlichen beim Optimist-Segeln. Dtsch Z Sportmed, 31, 262-7

**Evans, W. J. (1999):** Exercise training guidelines for the elderly. Med Sci Sports Exerc, 31, 12-7

**Haber, P. (2001):** Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung. Springer, Wien

**Hakim, A. A., Petrovitch, H., Burchfield, C. M., Ross, G. W., Rodriguez, B. L., White, L. R., Yano, K., Curb, J. D., Abbott, R. D. (1998):** Effects of walking on mortality among non-smoking retired men. N Engl J Med, 338, 1622-3

**Halle, M., Kemmer, F. W., Stumvoll, M., Thurm, U., Zimmer, P. (2008):** Körperliche Aktivität und Diabetes mellitus. Oktober 2008. Scheerbaum WA, Haak T (Hrsg.): Evidenzbasierte Leitlinie der Deutschen Diabetes-Gesellschaft (DDG).  
[http://www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de/leitlinien/EBL\\_Bewegung\\_2008.pdf](http://www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de/leitlinien/EBL_Bewegung_2008.pdf)

**Heck, H., Beneke, R. (2008):** 30 Jahre Laktatschwellen – Was bleibt zu tun?  
Dtsch Z Sportmed, 59, 297-302

**Janßen, U., Johannsen, L. (2008):** Der gläserne Fahrtensegler. Yacht, 24, 32-7

**Kindermann, W. (2004):** Anaerobe Schwelle. Dtsch Z Sportmed, 55, 161-162

**Kindermann, W. (2006):** Gesundheit und Leistung im Profifußball. Dtsch Arztebl, 103, A 1605-10

**Laaksonen, D. E., Lakka, H.-M., Salonen, J. T., Niskanen, L. K., Rauramaa, R., Lakka, T. A. (2002):** Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrom. Diabetes Care, 25, 1612-8

**LaMonte, M. J., Barlow, C. E., Jurca, R., Kampert, J. B., Church, T. S., Blair, S. N. (2005):** Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. Circulation, 112, 505-12

**Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P., Hollmann, W. (1976):** Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmed, 4, 80

**Mell, W.D., Sauer, I., Weisser, B. (2009):** Projekt Fit and Sail, Projektbericht: Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen älterer Segler an Bord von Fahrtensegelyachten. IBoat, 3.6, 1-108

**Meyer, T., Kindermann, W. (1999):** Die maximale Sauerstoffaufnahme. Dtsch Z Sportmed, 50, 285-6

**Okonek, C. (2003):** Evolutionäre Alternstheorie. In: Denk, H., Pache, D., Schaller, H.-J. (Hrsg.), Handbuch Alterssport, Bd. 139, 106-10, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

**Oschütz, H., Belinova, K. (2003):** Trainingsempfehlungen für ein Ausdauertraining im Alterssport. In: Denk, H., Pache, D., Schaller, H.-J. (Hrsg.), Handbuch Alterssport, Bd. 139, 166-9, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

**Pache, D. (2003):** Die gegenwärtige Situation des Sports der Älteren. In: Denk, H., Pache, D., Schaller, H.-J. (Hrsg.), Handbuch Alterssport, Bd. 139, 67-75, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

**Piementel, A. E., Gentile, C. L., Tanaka, H., Douglas, R. S., Gates, P. E. (2003):** Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men. J Appl Physiol, 94, 2406-13

**Predel, H.G. (2007):** Bluthochdruck und Sport. Dtsch Z Sportmed, 58, 328-33

**Pudenz, P., Dierck, T., Rieckert, H. (1981):** Die Herzfrequenz als Spiegelbild der Regattastrecke – eine experimentelle Studie über die Belastung beim Lasersegeln. Dtsch Z Sportmed, 32, 192-5

**Rost, R. (2005):** Sport- und Bewegungstherapie bei inneren Krankheiten: Lehrbuch für Sportlehrer, Übungsleiter, Physiotherapeuten und Sportmediziner. 3. Aufl., Deutscher Ärzte-Verlag GmbH, Köln

**Schnabel, G., Harre, D. (1994):** Trainingswissenschaft Leistung – Training – Wettkampf. 1. Aufl., Sport und Gesundheit Verlag, Berlin

**Shah, A. A., Kurdikar, V. L., Mathur, R. S., Shah, J. R. (1991):** Anaerobic threshold as a measure of physical work capacity. J Assoc Physicians India, 39, 534-6

**Shephard, R. J., Balady, G. J. (1999):** Exercise as cardiovascular therapie. Circulation, 99, 963-72

**Simon, G. (1986):** Trainingssteuerung im Schwimmsport. Dtsch Z Sportmed, 37, 376-9

**Stegmann, H., Kindermann, W., Schnabel, A. (1981):** Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. Int J Sports Med, 2, 160-5

**Strauzenberg, S. E., Gürtler, H., Hannemann, D., Tittel, K. (1990):** Sportmedizin, Grundlagen der sportmedizinischen Betreuung. Johann Ambrosius Barth, Leipzig

**Uen, S., Baulmann, J., Düsing, R., Glänzer, K., Vetter, H., Mengden, T. (2003):** ST-segment depression in hypertensive patients is linked to elevations in blood pressure, pulse pressure and double product by 24-h cardiotense monitoring. J Hypertens, 21, 977-83

**Venables, M. C., Achten, J., Jeukendrup, A. E. (2005):** Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. J Appl Physiol, 98, 160-7

**Weidemann, H., Meyer, K. (1991):** Lehrbuch der Bewegungstherapie mit Herzkranken. Steinkopf Verlag, Darmstadt

**Weineck, J. (1994):** Optimales Training. 8. Aufl., Perimed-spitta Med. Verl. GmbH, Balingen

**Weintraub, M. S., Rosen, Y., Otto, R., Eisenberg, S., Breslow, J. L. (1989):** Physical exercise conditioning in the absence of weight loss reduces fasting and postprandial triglyceride-rich lipoprotein levels. *Circulation*, 79, 1007-14

**Weisser, B. (2003a):** Lebenslange körperliche Unterforderung als Risikofaktor. In: Denk, H., Pache, D., Schaller, H.-J. (Hrsg.), *Handbuch Alterssport*, Bd. 139, 110-1, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

**Weisser, B. (2003b):** Altersbedingte Einschränkung der Organfunktion und körperliche Aktivität. In: Denk, H., Pache, D., Schaller, H.-J. (Hrsg.), *Handbuch Alterssport*, Bd. 139, 113-38, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf

**Weisser, B., Preuß, M., Predel, H.-G. (2009):** Körperliche Aktivität und Sport zur Prävention und Therapie von inneren Erkrankungen im Seniorenalter. *Med Klin*, 104, 296-302

**Weisser, B., Uen, S., Mengden, T. (2006):** Stumme myocardiale Ischämien – Vergleich von Ergometrie versus ambulante 24h-Blutdruck/Holter-Messung mit ST-Streckenanalyse. *Dtsch Z Sportmed*, 57, 10-3

**Wilson, T. M., Tanaka, H. (2000):** Meta-analysis of age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 278, 829-34

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Burkhard Weisser für die Überlassung des Themas, die vielen hilfreichen Ratschläge und die Unterstützung bei den Messungen auf dem Boot.

Ferner danke ich Herrn Andreas Märzhäuser, der sich als navigatorische Aufsicht für die Törns auf der Kieler Förde zur Verfügung stellte, und allen beteiligten Mitarbeitern der Abteilung Sportmedizin für die Hilfe bei den Messungen auf dem Boot, den Laktatmessungen im Labor und für die Unterstützung bei den statistischen Auswertungen.

Dank schulde ich auch der HanseYacht AG in Greifswald, die das Segelboot für die Untersuchungen zur Verfügung stellte, und Herrn Dipl.-Ing. Dr. W.-D. Mell vom Institut für Bootstourismus.



## Lebenslauf

**Name** Ingeborg Sauer, geb. Nagel  
**Geburtstag** 23. 03. 1966 in Bremen  
**Familienstand** verheiratet; 1 Sohn, 13 Jahre

## Schulausbildung

1972 – 1976 Grundschule, St.-Johannis-Schule, Bremen  
 1976 – 1985 Altes Gymnasium, Bremen

## Studium

Oktober 1985 Beginn des Studiums der Humanmedizin,  
 Chr.-Albrechts-Universität, Kiel  
 August 1987 Ärztliche Vorprüfung  
 August 1988 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
 März 1991 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
 März 1992 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

**Praktisches Jahr** Universitätsklinik Kiel in den Fächern  
 Innere Medizin, Chirurgie und Gynäkologie

## Weiterbildung

1994-1995 Studium der Wirtschaftswissenschaften, Universität Bremen  
 1995-1997 Studium Gesundheitswissenschaften / Public Health,  
 Schwerpunkt Epidemiologie, Universität Bremen  
 Februar 2003 Akupunkturdiplom A  
 Mai 2008 Zusatzbezeichnung Sportmedizin

## Berufliche Tätigkeit

01. 07. 92 - 31.12.93 Ärztin im Praktikum, Abteilung Kardiologie der  
 Universitätsklinik Kiel  
 2004-2005 Praxis für Allgemeinmedizin (D.J. Hülsberg, Altenholz)  
 seit November 2005 Wissenschaftliche Assistentin am Institut für Sport und  
 Sportwissenschaften, Abt. Sportmedizin der Chr.-Albrechts-  
 Universität zu Kiel

## Dissertation

2006 - 2009 Erhebung der Daten für die vorliegende Arbeit im Institut für  
 Sport und Sportwissenschaften der Christian-Albrechts-  
 Universität zu Kiel und während der Sommersaisons  
 2007/2008/2009 auf der Kieler Förde

**Veröffentlichungen**

Sauer, I., Richter, H., Weisser, B. (2006): Kardiovaskuläre Erkrankungen, körperliche Aktivität und Sex. Herz und Gefäße für die Hausarztpraxis, 3, 82 - 4

Sauer, I., Richter, H., Weisser, B. (2006): PDE-Hemmer für Herzranke? Ars Medici, 25/26, 1- 4

Sauer, I., Richter, H., Weisser, B. (2007): Sexualität bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit. Praxis Magazin, 2, 14 - 8

Mell, W.-D., Sauer, I., Weisser, B. (2009): Projekt Fit and Sail, Projektbericht: Ergebnisse der Belastungsuntersuchung älterer Segler an Bord von Fahrtensegelyachten. IBoat, 3.6, 1 - 108